

DOI: 10.3969/j.issn.1000-1026.2012.02.003

灵活互动智能用电的技术内涵及发展方向

李同智

(山东电力集团公司, 山东省济南市 250001)

摘要: 智能用电是智能电网研究的热点、难点, 灵活互动的供用电模式已成为智能用电的发展趋势。文中介绍了构成灵活互动智能用电的高级量测体系标准、系统及终端技术, 智能用电双向互动运行模式支撑技术, 以及用户用电环境与用电模式相互影响的内涵和国内外发展现状。明确了灵活互动智能用电的发展目标, 阐述了灵活互动智能用电的发展方向和研究技术路线。

关键词: 智能电网; 智能用电; 双向互动运行模式; 高级量测体系

0 引言

作为一次能源的最大使用者, 电力行业在减少温室气体排放、降低气候影响等方面有义不容辞的责任。尤其是在当前全球金融危机蔓延, 亟须提振经济的局势下, 加快电力生产、输送和消费方式的转变, 推动电力行业发展模式的转变, 带动相关产业的发展就成了社会性问题。因此, 在 2009 年 5 月召开的特高压输电技术国际会议上, 国家电网公司就提出要建设国际领先、具有中国特色的坚强智能电网^[1-4]。

根据中国智能电网发展规划, 2011—2015 年, 中国的智能电网将进入全面建设阶段。在这一阶段中, 特高压电网和城乡配电网将进入快速建设阶段, 智能电网运行控制和互动服务体系将初步形成, 相关关键技术和装备方面将实现重大突破并获得广泛应用。作为互动服务体系的核心, 智能用电是连接供电部门与用户的枢纽, 其建设的好坏直接关系到电网能源的使用效率、经济运行和有序用电, 对电网建设、节能环保、电能质量管理将产生深远的影响。

本文以实现灵活互动的智能用电服务为目标, 以智能用电技术体系架构为总线, 以高级量测体系 (AMI) 系统及终端技术为支撑, 以智能用电双向互动技术为核心, 系统地探讨了智能用电技术的内涵及其发展方向。

1 灵活互动智能用电技术的内涵

灵活互动的智能用电关键技术主要体现在 AMI 标准、系统及终端技术, 智能用电双向互动运

行模式及支撑技术, 用户用电环境与用电模式的相互影响三大方面。这 3 个方面的研究进展将推动电力产业从电力供应商提升为综合能源、通信和信息服务商, 从而实现重要的大跨度转型。

1.1 AMI 标准、系统及终端技术

AMI 是一个用来测量、收集、储存、分析和运用用户用电信息的完整网络和系统^[5-7]。AMI 的建立将彻底改变电力流和信息流单方向流动的现状, 为用户与电网的双向全面互动提供平台和技术支持^[8-9]。通过与电网的信息交互, 用户将随时掌握电网的负荷情况和电价信息, 从而主动参与电网运行。同时, 用户侧储能装置和分布式可再生能源的接入将在电价政策的合理引导下^[10], 减小电网负荷的峰谷差, 提高电力设施的利用率^[11]。

AMI 是多种技术和应用集成的解决方案。它主要由智能电表、通信网络、量测数据管理系统 (MDMS) 和用户户内网络 (HAN) 4 个部分组成。另外, 为了充分利用 AMI 取得的数据, 需要建立 AMI 与现有应用系统的接口, 如负荷预测、故障响应、客户支持和系统运行等。

在智能电表方面, 除完成传统电表的功能外, 智能电表还应具有以下功能: ①双向通信; ②提供双向计量, 支持具有分布式电源的用户; ③提供断电报警和供电恢复确认信息处理; ④提供电能质量的监视; ⑤可以进行远程编程设定和软件升级; ⑥支持远程时间同步; ⑦能根据需求侧响应要求来限制负荷。

在通信网络方面, AMI 采用固定的双向通信网络, 能够每天多次读取智能电表, 并把表计信息 (包括故障报警和装置干扰报警) 近于实时地从电表传到数据中心。同时, AMI 可以把每天的实时电价信息传递给用电终端设备, 使用户可以根据电价信息及时调整用电策略和用电时段。此外, AMI 应能够

收稿日期: 2011-10-11; 修回日期: 2011-11-02。
国家电网公司科技项目 (2011B-11)。

融合多种通信方式、兼容多种通信协议。

在 MDMS 方面, MDMS 通过与 AMI 自动数据收集系统的配合使用, 处理和储存电表的计量值。除了支持对多种市政计量仪表(气、电、水)的管理功能外, MDMS 也可控制电表(如按需接通或断开)、设置系统读表操作的实施时间、支持需求响应和停电修复。

在 HAN 方面, AMI 可以把智能电表与用户户内可控的电器或装置连接起来, 使得用户能根据电力公司的需要, 积极参与需求响应或电力市场。它接受电表的计量值和电力公司的价格信息, 并把这些信息连续地、近于实时地显示给用户, 使用户能及时、准确地了解用电情况、费用和市场信息。同时, 鼓励用户节约用电, 根据市场或系统的要求调整其用电习惯^[2]。

总之, 实现双向计量、双向通信, 支持双向互动, 实现网络化、互动化和集成化, 是 AMI 的发展趋势。

1.2 智能用电双向互动运行模式及支撑技术

互动电网(interactive smart grid)是在开放和互联的信息模式基础上, 通过加载系统数字设备和升级电网网络管理系统, 实现发电、输电、供电、用电、客户售电、电网分级调度、综合服务等电力全产业链的智能化、信息化、分级化互动管理, 是集合了产业革命、技术革命和管理革命的综合效率变革。它将再造电网的信息回路, 构建用户新型反馈方式, 推动电网整体转型为节能基础设施, 以提高能源利用效率、降低客户成本、减少温室气体排放, 并创造电网价值的最大化。

发展互动电网建立在创建开放系统和建立共享信息模式的基础上, 在用户之间、用户与电网公司之间形成网络互动和即时连接, 实现实时、高速、双向的数据读取, 从而整合电网数据, 优化电网管理, 将电网提升为互动运转的全新模式, 形成全新的服务功能, 提高整个电网的可靠性、可用性和综合效率^[12-15]。除了对技术上的新需求外, 在管理上也需要进行跨越性变革。供电部门应满足客户多元化需求, 强调用户的主动性, 应用统一的智能用电互动业务技术平台^[16], 进行科学的用能评测、精细的能效管理, 实现社会、用户、企业共赢。

基于以上需求, 智能用电双向互动运行模式支撑技术又分为电力用户用能管理技术、需求响应分析控制及仿真技术、双向互动业务流程技术和双向互动支撑平台技术等。其中, 电力用户用能管理技术是指通过采取一系列技术、经济措施, 帮助电力用户更加有效、合理地利用能源。需求响应分析控制及仿真技术主要是分析电力用户直接根据市场情况

(价格信号)主动作出调整负荷需求的反应情况, 进而辅助电网合理配置资源, 以利于市场稳定和电网可靠运行。双向互动业务流程技术主要研究如何在规范的标准和统一的业务流程下, 实现电网与用户的双向互动。双向互动支撑平台技术主要为互动业务开展提供基础软硬件支撑平台和相应配套设施。

1.3 用户用电环境与用电模式的相互影响

电力负荷的变化受多种因素制约, 并且这些因素对负荷变化规律的影响互不相同, 从而导致负荷变化的波动性^[17]。其中, 自然环境因素对负荷的影响一般具有短期效应, 表现为比较相邻日的负荷具有相对波动性。用电环境与用电负荷变化之间以人为纽带, 即用电环境对用电模式的影响是通过改变人体对环境的舒适度, 从而影响人的行为。现有研究表明, 利用各种环境综合指标评估环境因素对电力负荷的影响效果明显优于单一环境指标。

研究用电环境与用电模式之间的关系, 对电网的安全生产和降损节能都有非常重要的意义。针对全球变暖对电力系统影响的问题, 有研究表明: 2050年前, 地表温度每升高1℃, 年负荷增长5%, 峰值负荷增长5%~14%。因此, 未来的电网规划、设计和调度运行必须考虑随着地表平均温度的上升, 负荷变化会不会对电网安全造成重大冲击。

电力负荷可分为工业负荷, 城乡居民用电负荷, 商业、交通、建筑、通信用电负荷, 农村用电负荷及其他用电负荷。其中工业负荷占主要地位, 受环境影响较小; 居民用电负荷在电力系统中所占的比例逐渐增大, 随着对环境敏感的家用电器的日益普及, 系统峰值负荷受季节性变动的的影响越来越大; 农业负荷随气候变化大, 灌溉季节、干旱期的灌溉负荷较大^[18]。研究用电环境对负荷特性的影响, 能够建立更准确的负荷模型, 进行更精确的负荷预测, 从而更准确地把握市场脉搏, 分析未来的电力需求走势。在电力市场条件下, 准确把握用电环境与用电模式之间的关系, 对实现电力系统功率平衡、进行备用发电容量的调度、调整发电机组的上网顺序等都有重要的价值。

2 灵活互动智能用电技术发展现状及存在问题

2.1 AMI 研究与实践

在美国, 2006年8月, 在自由市场贸易的驱动下, 美国联邦能源政策委员会对AMI进行了定义。2008年, 美国加州公共事业委员会又将AMI列为重点研究方向。2009年1月, 美国白宫发布《复苏计划进度报告》, 宣布美国将更新3000英里(1英

里=1.609 344 km)输电线路,并要为美国家庭安装4 000万只智能电表。

在欧洲,2001年,意大利就着手改造和安装了近3 000万只智能电表,建立了智能化管理系统,实现了自动集抄和综合管理。

目前,IEC已经发布了电能计量、数据采集、分布式能源并网等系列标准。如IEC 62056系列电能计量数据交换标准、IEC 15418—2009“自动识别和数据采集标准”、IEC 61850-7-420“分布式能源信息模型”、IEC 61727—2004“光伏系统-电网接口模型”等标准。欧美等发达国家和地区主要是利用智能电表、智能用电终端及智能家电,通过公用电力和数据网络实现电力用户与电力企业之间的双向信息流通;基于相应的支持平台,实现需求响应、用能管理、分布式电源管理等互动用电业务,起到优化用户用电行为、加强能效管理、节约电费支出等效果。

中国从计划经济时代开始,全国各地就都不同程度地建立了负荷控制系统。随后在大用户、台区监测及居民抄表应用中投运了部分配电变压器监测系统和居民集抄系统。目前应用的有230 MHz无线专网、通用分组无线业务/码分多址(GPRS/CDMA)无线公网和电力线载波(PLC)等。这些系统各自独立,数据无法实现有效地共享,没有充分挖掘数据的应用价值,缺乏统一全面的技术标准和规范,不利于营销信息化的进一步发展。

针对以上问题,电力行业标准化技术委员会修订了DL/T 698标准。该标准系统地规范了电能信息采集主站、信道、终端的功能和性能,其范围涵盖所有上网关口、变电站关口、各类电力用户、公用配电变压器考核点等所有计量点,构成了一个从发电上网到用户消费的全过程电能信息采集系统。

目前,中国已制定了电子式电能表、电力负荷控制、用电信息采集等标准,如GB/T 17215和GB/T 15284等多功能多费率电能表标准、GB/T 20046—2006《光伏(PV)系统电网接口特性》、DL/T 698《电能信息采集与管理系统》,以及DL/T 614和DL/T 645多功能电能表标准。但是,至今尚未形成适应中国国情的AMI。在双向计量和即插即用方面,缺乏满足分布式电源间歇性、随机性、功率大范围快速变化等特性的双向计量技术。在分布式电源及储能元件即插即用并网的计量、信息、控制等方面,与国外存在较大技术差距,未形成智能交互终端、分布式电源即插即用并网标准。在量测系统智能化方面,中国现有的工商业用户负荷管理终端几乎没有智能功能,也不支持远程缴费、停电信息主动报告等互动业务功能;缺乏基于电价和激励措施的技术手段以

引导用户用电方式的调整;通过智能交互终端,结合电网公司互动服务主站,支持用户灵活互动的技术手段尚有不足。在先进传感技术方面,尚未开展对基于巨磁阻效应的电流传感器技术的研究。

2.2 智能用电双向互动研究与实践

用电设备与电网灵活互动技术已在国外得到研究和应用^[19-21]。2008年,美国科罗拉多州的波尔得成为全美第1个智能电网城市,每户家庭都安装了智能电表,人们可以很直观地了解当时的电价,从而把一些事情安排在电价低的时段进行。系统的互动特性可以帮助人们优先使用风能和太阳能等清洁能源。同时,电网可以收集到每家每户的用电情况,一旦有问题出现,可以重新分配电力。美国西太平洋国家能源实验室提出了“电网友好”技术^[22]。它包括电网友好的频率响应、电压响应和价格响应技术,其研制的“电网友好控制器(grid friendly appliance)”可安装在冰箱、空调等家用设备中。

目前,美国宾夕法尼亚、加州地区以及太平洋天然气与电力公司、南加州爱迪生等电力公司相继应用需求响应、用能管理、分布式电源管理等互动业务系统,鼓励用户主动参与基于价格信号和激励机制的需求响应,有效降低了高峰负荷。

中国在传统营销业务体系方面具备深厚的基础,已实现营销业务流程标准化,开展了有序用电、可中断负荷响应等需求侧管理实践。通过一系列智能用电小区试点建设工作,在智能用电互动方面进行了积极有益的探索。但中国的互动用电尚在起步阶段,缺乏互动与激励机制,从而导致中国区域性、季节性的电力短缺,局部地区电力过剩或短缺的情况不时出现。目前,基于传统营销模式的用电服务体系 and 业务流程难以适应未来灵活互动用电场景的需要,满足电力用户个性化、差异化服务需求的互动技术手段有待丰富,在需求响应决策、仿真技术和用能评测管理技术等方面的系统性研究较少,用电互动支撑平台及系统集成等方面的研究与国外先进水平相比存在一定的差距,尚不能满足灵活互动的智能用电需要^[23]。

2.3 用户用电环境与用电模式相互影响的研究与实践

用电环境与气象关系密切。针对气象对负荷的影响,国内外现有的研究集中在电力负荷与温度、风速、湿度等气象因素的关系方面,主要用于负荷预测及建筑能耗分析和控制。分析气象条件对电力负荷的影响关系,有针对性地利用专业气象服务,对电力部门提高用电率、节约能源、实现合理调度有重要意义。

出于对建筑节能的重视,欧美等发达国家和地区一直对全年建筑能耗分析及其气象数据的研究给予大力支持,并取得了丰硕的成果。美国在20世纪80年代就已经拥有比较成熟的两大能耗分析软件DOE2.0和BLAST。在以上2个软件的基础上,目前美国能源部又开发了EnergyPlus软件。在全年气象数据方面,已有全年气象参数(TRY)TMY/TMY2和WYEC/WYEC2等全年气象数据。制冷空调工程师协会(ASHRAE)最近提供了509个美国城市、134个加拿大城市、339个欧洲城市、293个亚洲城市和169个其他地区的极端气象条件数据。在全年逐时数据方面,美国国家可再生能源实验室(NREL)的典型年数据库TMY2 1996包括对北美239个台站的23个气象参数的逐时记录。

中国在已经颁布实施的《夏热冬冷地区居住建筑节能设计标准》(JGJ 134—2001)和《夏热冬暖地区居住建筑节能设计标准》(JGJ 75—2003)中,从建筑热环境及热环境控制方面明确了用电环境与用电模式间的关系。但到目前为止,现有的研究仅从常规气象因素(如温度、湿度)的角度出发,不能完全反映气象因素对电力负荷的影响。负荷建模主要针对具体用电设备、电网节点或者电网整体的负荷特性,未全面考虑用电环境对负荷特性的影响。同时,由于国外的电网友好控制器相关技术尚处于起步阶段,这种为适应国外完全开放的自由电力市场而设计的装置不符合中国现状,需要根据中国电力系统的实际情况研制一系列电网友好控制器。

3 中国在灵活互动智能用电方面的发展方向及技术路线

灵活互动的供用电模式已成为智能用电的发展趋势。针对灵活互动智能用电技术存在的问题,结合电力用户多样化、个性化、互动化的用电需求和中国的实际国情,中国近期的AMI目标是能够支持百万以上用户,突破分布式电源和海量信息的采集处理和智能电表大规模检定技术,构建友好的电能交换平台;在双向互动运行模式和支撑技术实现方面的目标是实现需求响应、用能管理及多样化用能服务功能;在用户用电环境和用电模式方面的目标是研究不同用电环境对用户交互终端、家庭用电设备的影响,提出针对不同用电环境的家庭用电设备控制策略及多家庭用电设备的协调控制方案。

3.1 灵活互动智能用电的发展方向

为完成上述目标,应积极建立灵活互动的智能用电技术体系架构,突破各种智能用电双向互动核心技术,为构建友好互动的电能交换平台、实现即插即用和灵活互动的供用电模式提供技术基础,支撑

阶梯电价和分时电价。具体包括以下5个方面。

3.1.1 灵活互动的智能用电技术体系架构

1)制定适合中国实际情况的智能用电技术体系架构,架构主要包括:AMI标准、系统及终端技术,智能用电双向互动运行模式及支撑技术,用户用电环境相互影响3个方面的内容。

2)理清体系的总体构成、支撑和耦合关系,明确各类应用系统支撑平台的功能定位和技术要求,提出配套标准体系,指导灵活互动智能用电技术研究的科学、有序推进。

3.1.2 AMI架构

1)开发AMI系统,满足百万以上用户接入要求。研究支持分布式电源即插即用和海量量测信息采集处理、阶梯电价和分时电价的柔性电力负荷控制技术,研究智能电表大规模智能检定技术,构建友好互动的电能交换平台。

2)研制具有有线/无线通信接口的智能交互终端、分布式电源即插即用并网控制装置、家庭控制网关、智能插座、电网友好控制器等智能设备。通过这些设备实现用户与电网的灵活互动,实现家居智能控制,为灵活互动提供基础技术支撑。

3)采用融合通信方式、兼容多种通信协议的智能交互终端、家庭控制网关、智能插座、友好型家电控制器等智能设备,实现灵活选择用电方式、自主参与供需平衡、用能管理、远程缴费等互动服务功能。

3.1.3 智能用电双向互动运行模式及支撑技术

1)研究符合用户用电需求特性的双向互动运行和服务模式,建立与互动业务相匹配的业务流程。

2)研究需求响应理论框架,实现模型、分析和预测,掌握需求响应智能决策、动态仿真和评价关键技术,完成需求响应分析控制和仿真系统研发。

3)完成电力用户用能管理系统的研发,实现对电力用户用电信息的智能分析,并在用户授权的前提下指导用户科学用电、安全用电。

4)完成智能用电双向互动支撑平台的研发,实现大中城市、百万用户接入条件下的智能用电双向互动支撑平台的示范应用,实现电网与电力用户的友好互动,为电力用户提供智能化、多样化、互动化的用电服务,建立灵活互动的供用电模式。

5)研究兼顾负荷稳定性、用户经济性和家电安全性等多个指标的电网友好型用电设备控制策略和装置。

6)实现需求响应、用能管理及多样化用电服务功能,集成电动汽车充放电、分布式电源与储能,以及营销信息管理系统的智能用电双向互动支撑平台。

3.1.4 研究用户用电环境与用电模式的相互影响

1)研究不同条件下的负荷特性以及对用电交互

终端、家庭用电控制设备的影响。揭示用电环境与用电模式的相互影响规律。

2)揭示用电环境对负荷特性(尤其是对受端电网负荷特性)的影响机理。兼顾电网稳定性和用电经济性,提出用电交互终端和家庭用电控制设备适应不同用电环境的控制策略,建立多用电设备的协调控制模型。

3)将城市热岛效应、温室效应和累积效应三者结合,较全面地建立气象因素与电力空调负荷之间的关系。并进一步研究用电环境对负荷特性的影响,建立更准确、实时、精细的负荷模型^[24]。

3.1.5 开展灵活互动的智能用电示范工程

通过在多个城市开展智能用电小区及智能家居示范工程建设、AMI系统和智能用电双向互动支撑平台示范工程建设,验证以上研究成果,进一步推进灵活互动智能用电的发展。

3.2 研究技术路线

在灵活互动的智能用电技术体系架构研究方面,应密切跟踪国外在智能用电核心技术方面的研究进展和实践效果,并考虑中国电力营销模式特点,有选择地借鉴国外先进经验,提炼出灵活互动智能用电技术发展的基本需求;进而分析中国已有技术条件与实现灵活互动供用电模式之间的差距,以及在现实基础条件下如何达到预期目标。在上述基础上,理顺各类支撑技术之间的支撑和耦合关系,提出体系性强、操作性好的技术体系架构,梳理形成支撑智能用电发展的配套标准体系。

在AMI方面,应结合中国智能电网发展成果,总结并提炼AMI业务需求及关键技术环节,分析AMI系统的构成、逻辑关系及功能模型,研究AMI系统交互接口及信息模型,建立满足分布式电源即插即用等智能用电需求的AMI基础架构及技术标准体系。进一步研究分时电价及阶梯电价相关标准、法律法规,提出电能计量计费标准修订建议。AMI标准、系统及终端技术研究技术路线见图1。

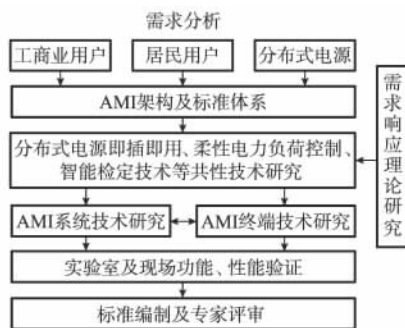


图1 AMI标准、系统及终端技术研究技术路线
Fig.1 Technical route for standards, system and terminal technologies study of AMI

智能交互终端、家庭控制网关、智能插座等智能用电双向交互关键设备的研制遵循设计定义、设备研制及试验验证3个步骤。为满足智能用电环节灵活互动的要求,应综合考虑互动服务、信息采集、用能管理、家电控制等功能和可靠运行、高速采集、快速控制等性能,使整体设计具有开放性和兼容性。

开展AMI系统示范工程,对系统和终端进行验证。在此基础上,建立AMI系统相关标准,为灵活互动的智能用电双向互动支撑平台提供基础支撑。

在智能用电双向互动运行模式及支撑技术研究方面,应考虑清洁能源、电动汽车、智能家电等未来发展趋势^[25],对电能量交互、互动服务等各类双向互动业务场景进行调查分析。从用户类型、地域条件、消费习惯等几个方面得出用户用电行为特性,确定双向互动的详细业务需求,分析现有业务流程与互动需求的差距,搭建完善的互动业务模型,提出友好开放的供用电双向互动运行服务模式 and 业务流程,为双向互动的实现提供业务保障。智能用电双向互动运行模式及支撑技术研究技术路线见图2。

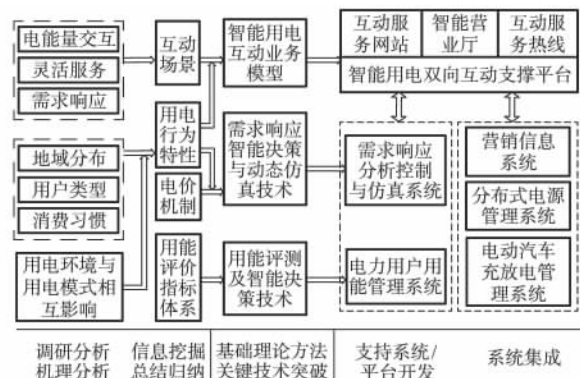


图2 智能用电双向互动运行模式及支撑技术研究技术路线

Fig.2 Technical route for bi-directional interactive operation mode of intelligent power utilization and its supporting technologies study

图2中,从用户用电行为特性、电价机制等方面研究需求响应实现的机理,分析阶梯电价、分时电价在驱动资源优化配置中的作用,分析基于价格信号和激励机制等不同需求响应策略的适用性,建立需求响应模型;结合已有的研究成果,提炼出需求分析与预测理论方法;针对需求响应智能决策、动态仿真中的技术难点,运用微观经济学原理、模糊算法、神经元算法,实现需求响应模型对用户和网络的自主学习、自适应性;研发需求响应分析、控制与仿真系统,作为智能用电双向互动支撑平台的组成部分,为需求响应决策提供支撑。

对用能设备采集的数据、电力用户用能行为和政策信息等进行调研、对比、分析,建立用能模式的

逻辑模型和物理模型,利用数据仓库技术将各类数据按分析主题进行组织和归类。在此基础上,建立不同用户、不同互动场景的业务需求模型、用能模式和用能预测模型。开发电力用户用能管理系统,作为智能用电双向互动支撑平台的组成部分,对用户的用能情况进行分析和评估,并形成用能决策建议。将分析结果和建议分别展现给企业决策者并下发给家庭智能交互系统,实现对用户用电的科学指导。

以AMI、双向互动机制实现模式、需求响应、电力用户用能管理等研究成果为支撑,研究开发智能用电双向互动支撑平台。研究智能用电信息共享、信息交互和可视化展现技术,设计不同的模拟互动化场景来验证平台功能,结合示范工程试运行进行效果动态跟踪,根据反馈信息进行进一步完善。

在用户用电环境与用电模式的相互影响研究方面,应首先通过对大量历史数据的统计分析,建立用户用电环境对用电模式(负荷水平、负荷结构)影响的数学模型,分析空调等负荷在电网总负荷中的比重变化,进而构建不同用电环境对负荷特性(尤其是受端电网负荷特性)影响的数学模型。用电环境与用电模式的相互影响研究技术路线如图3所示。

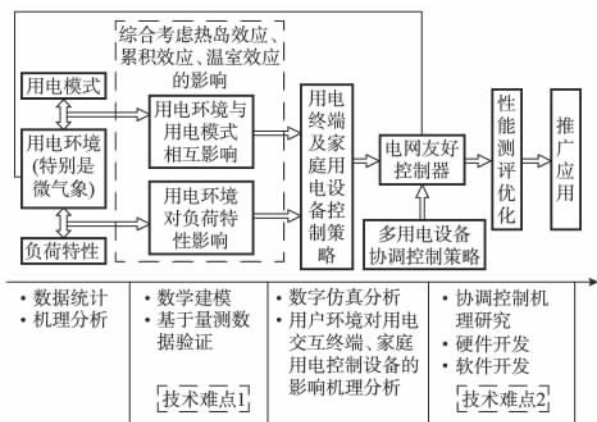


图3 用电环境与用电模式的相互影响研究技术路线
Fig.3 Technical route for interaction between power utilization environment and patterns study

依据用户环境对用电控制设备的影响模型,结合多个用电设备的协调控制方法,设计用电设备自动、实时与电网灵活、友好互动的柔性控制策略。根据该策略,研制电网友好型家电控制器,以缓解用电环境对用电模式及负荷特性的影响作用,提高负荷稳定性和电网稳定运行能力。

4 结语

灵活互动智能用电技术能够通过支持和引导用户参与供需平衡的自动需求响应,为用户提供灵活友好、支持电能量交互的用电互动平台,从而提升用

户服务体验,优化用户用电方式,提高终端用能效率。目前,国家正在有序开展金太阳示范工程及其他用户侧分布式电源建设,在满足用户自用电的基础上,使用户发电余量上网。并积极推进开展智能用电小区及智能家居示范工程,以及AMI系统和智能用电双向互动支撑平台示范工程建设。

预计在不远的将来,中国将进一步加快灵活互动用电的发展步伐,建立清晰明确的灵活互动智能用电技术体系架构,在AMI架构、用户用电环境与用电模式的相互影响、智能用电双向互动运行模式及支撑技术等方面进行更深入的研究和更广泛的实践,从而引导用户科学用能,促进节能减排,构建和谐的供用电关系。

参考文献

- [1] 国家电网公司. 2020年建成统一的“坚强智能电网”[EB/OL]. [2009-05-21]. http://news.xinhuanet.com/fortune/2009-05/21/content_11414992.htm.
- [2] European Commission. European smart grids technology platform: vision and strategy for Europe's electricity networks of the future[EB/OL]. [2009-08-10]. http://ec.europa.eu/research/energy/pdf/smartgrids_en.pdf.
- [3] The smart grid: an introduction[R]. Washington, DC, USA: United States Department of Energy, 2008.
- [4] 肖世杰. 构建中国智能电网技术思考[J]. 电力系统自动化, 2009, 33(9): 1-4.
XIAO Shijie. Consideration of technology for constructing Chinese smart grid[J]. Automation of Electric Power Systems, 2009, 33(9): 1-4.
- [5] 栾文鹏. 高级量测体系[J]. 南方电网技术, 2009, 3(2): 6-10.
LUAN Wenpeng. Advanced metering infrastructure [J]. Southern Power System Technology, 2009, 3(2): 6-10.
- [6] Advanced metering infrastructure: RRIN1762464 [R]. Palo Alto, CA, USA: Electric Power Research Institute, 2007.
- [7] Advanced metering infrastructure [M]. Washington, DC, USA: National Energy Technology Laboratory, 2008.
- [8] 余贻鑫. 新形势下的智能配电网[J]. 电网与清洁能源, 2009, 25(7): 1-3.
YU Yixin. Intelligent distribution network in the new situation [J]. Power System and Clean Energy, 2009, 25(7): 1-3.
- [9] 陈树勇, 宋书芳, 李兰欣, 等. 智能电网技术综述[J]. 电网技术, 2009, 33(8): 1-7.
CHEN Shuyong, SONG Shufang, LI Lanxin, et al. Survey on smart grid technology[J]. Power System Technology, 2009, 33(8): 1-7.
- [10] 王蓓蓓, 李扬, 高赐威. 智能电网框架下的需求侧管理展望与思考[J]. 电力系统自动化, 2009, 33(20): 17-22.
WANG Beibei, LI Yang, GAO Ciwei. Demand side management outlook under smart grid infrastructure [J]. Automation of Electric Power Systems, 2009, 33(20): 17-22.
- [11] 张景超, 陈卓娅. AMI对未来电力系统的影响[J]. 电力系统自动化, 2010, 34(2): 20-23.

- ZHANG Jingchao, CHEN Zhuoya. The impact of AMI on the future power system [J]. Automation of Electric Power Systems, 2010, 34(2): 20-23.
- [12] 武建东. 中国智能互动电网发展战略[J]. 中国电力企业管理, 2009(13):20-29.
- WU Jiandong. Development strategy of Chinese interactive smart grid [J]. China Power Enterprise Management, 2009(13): 20-29.
- [13] 杨德昌, 李勇, REHTANZ C, 等. 中国式智能电网的构成和发展规划研究[J]. 电网技术, 2009, 33(20): 13-20.
- YANG Dechang, LI Yong, REHTANZ C, et al. Study on the structure and the development planning of smart grid in China [J]. Power System Technology, 2009, 33(20): 13-20.
- [14] 傅书邈. 2010 年智能电网控制中心新技术综述[J]. 电网技术, 2011, 35(5):1-7.
- FU Shutu. A summary on 2010 smart grid technology for power system control centers[J]. Power System Technology, 2011, 35(5): 1-7.
- [15] The smart grid interoperability standards roadmap[R]. Palo Alto, CA, USA; Electric Power Research Institute, 2007.
- [16] 周恒俊, 曹培, 张金江, 等. 面向高级量测体系的分布式对等互联 OSGi 平台[J]. 电力系统自动化, 2011, 35(11): 71-76.
- ZHOU Hengjun, CAO Pei, ZHANG Jinjiang, et al. Advanced metering infrastructure using distributed P2P model based on OSGi platforms[J]. Automation of Electric Power Systems, 2011, 35(11): 71-76.
- [17] 杜彦巍, 林莉, 牟道槐, 等. 综合气象指数对电力负荷的影响分析[J]. 重庆大学学报: 自然科学版, 2006, 29(12): 56-60.
- DU Yanwei, LIN Li, MU Daohuai, et al. Analysis of the effect of compositive meteorology index on power load [J]. Journal of Chongqing University: Natural Science Edition, 2006, 29(12): 56-60.
- [18] 曾新, 高霞. 气象因素与电力负荷关系探讨[J]. 河北电力技术, 2007, 26(5): 34-37.
- ZENG Xin, GAO Xia. Relation study between load characteristics and meteorologic factor [J]. Hebei Electric Power, 2007, 26(5): 34-37.
- [19] HOROWITZ S, PHADKE A G, RENZ B A. The future of power transmission-technology advances for improved performance[J]. IEEE Power & Energy Magazine, 2010(2): 34-40.
- [20] FAN Zhenyu, MAO Yiming, HORGER T. What smart grid means to an ISO/RTO[C]// Proceedings of 2010 IEEE PES Transmission and Distribution Conference and Exposition, April 19-22, 2010, New Orleans, LA, USA: 1-8.
- [21] TONG Jianzhong. Advanced control and dispatch for smart grid[C]// Proceedings of 2010 International Power Conference on Power System Technology, October 24-27, 2010, Hangzhou, China: 714-715.
- [22] 薛晨, 黎灿兵, 曹一家, 等. 智能电网中的电网友好技术概述及展望[J]. 电力系统自动化, 2011, 35(15): 102-107.
- XUE Chen, LI Canbing, CAO Yijia, et al. An overview and prospects of grid friendly technology in smart grid [J]. Automation of Electric Power Systems, 2011, 35(15): 102-107.
- [23] 沈昌国, 李斌, 高宇亮, 等. 智能电网下的用电服务新技术[J]. 电气技术, 2010(8): 11-15.
- SHEN Changguo, LI Bin, GAO Yuliang, et al. The new technology for smart grid power electricity utilization [J]. Electrical Engineering, 2010(8): 11-15.
- [24] 黎灿兵, 尚金成, 朱守真, 等. 气温影响空调负荷的累积效应导致能耗的分析[J]. 电力系统自动化, 2010, 34(20): 30-33.
- LI Canbing, SHANG Jincheng, ZHU Shouzhen, et al. An analysis of energy consumption caused by air temperature-affected accumulative effect of the air conditioning load [J]. Automation of Electric Power Systems, 2010, 34(20): 30-33.
- [25] 赵俊华, 文福拴, 杨爱民, 等. 电动汽车对电力系统的影响及其调度与控制问题[J]. 电力系统自动化, 2011, 35(14): 2-10.
- ZHAO Junhua, WEN Fushuan, YANG Aimin, et al. Impacts of electric vehicles on power systems as well as the associated dispatching and control problem [J]. Automation of Electric Power Systems, 2011, 35(14): 2-10.

李同智(1962—), 男, 教授级高级工程师, 主要研究方向: 供用电技术和电力生产技术、营销信息化系统、电能信息采集系统建设、智能电网规划、智能变电站。

Technical Implications and Development Trends of Flexible and Interactive Utilization of Intelligent Power

LI Tongzhi

(Shandong Electric Power Corporation, Jinan 250001, China)

Abstract: Intelligent power utilization is a topical and difficult subject in the study of smart grid. The flexible and interactive mode of power supply and consumption has become the trend of intelligent power utilization. A description includes the standards, system and terminal technology of advanced metering infrastructure, the bi-directional interactive operation mode and supporting technology of intelligent power utilization, and the interaction between users' power utilization environment and patterns, which constituting the flexible and interactive utilization of intelligent power. The current situation and development problems of these techniques at home and abroad are discussed. The development goals of flexible and interactive utilization of intelligent power are clarified. The development trends and technical study route of flexible and interactive utilization of intelligent power are elaborated.

This work is supported by State Grid Corporation of China (No. 2011B-11).

Key words: smart grid; intelligent power utilization; bi-directional interactive operation; advanced metering infrastructure